



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Estudio de la disposición de Módulos Detectores para un Sistema de Duelo Láser en el Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería Centauro

Autor

Julio Marabotto Estévez

Directores

Director Académico: Dr. Daniel Casanova Ortega
Director Militar: Diego Lázaro Serrano

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
Año 2019

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer al Escuadrón Acorazado del Grupo Numancia perteneciente al Regimiento España XI por permitirme disfrutar y aprender durante mis Prácticas Externas. Me han hecho sentir parte del Escuadrón desde el primer momento que me acogieron y me han ido facilitando todo aquello que necesitaba. A mi Capitán D. Diego Lázaro Serrano por posibilitar que pudiese trabajar en equilibrio entre las Prácticas Externas y el Trabajo de Fin de Grado, proporcionar todo lo que ha podido tanto a nivel personal como material y por haberme tenido siempre incluido en sus planes. A mi Teniente D. Borja Pérez López por enseñarme lo desconocido de la vida de un Teniente. A mis Sargentos D. Fraca, Barberán, Serna, Mérida, Fuertes y Perogil por descubrirme diversos rasgos de la milicia y por estar siempre a mi lado cuando lo he necesitado. A todos los cabos y soldados por ayudarme a conocer diferentes aspectos a lo largo de las Prácticas. Asimismo, agradecer a los Sargentos Hinojo y de Groot, del departamento de electrónica, y al Sargento Riquelme, del departamento de armamento, por su apoyo y su excelente profesionalidad.

Agradecer al Doctor D. Daniel Casanova Ortega por estar disponible cuando le he necesitado y resolver las numerosas vicisitudes que se han ido presentando al desarrollo de este Trabajo de Fin de Curso.

Resumen

Este Trabajo de Fin de Grado pretende solucionar un problema que tienen las Unidades que maniobran con el Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería Centauro, ya que, a diferencia del Carro de Combate Leopard 2E y del Vehículo de Combate de Infantería/Caballería Pizarro, esta plataforma no dispone de un Sistema de Duelo Láser que ayude a instruir a la tripulación en una variedad de ejercicios de simulación en situaciones que necesiten afrontar cuando los mismos desplieguen en Zona de Operación. Asimismo, es importante destacar que el Simulador de Duelo para Combatiente Individual tiene una interconexión con los Sistemas de Duelo Láser de las plataformas nombradas anteriormente, lo que permitiría un programa de instrucción combinado entre los distintos vehículos y carros de combate propios de las Unidades.

Es necesario resaltar el gran problema actual en el ámbito del Ejército que constituye la falta de crédito en las partidas presupuestarias para poder llevar a cabo ejercicios de maniobras: movilización de los vehículos y carros de combate necesarios, munición a emplear durante los ejercicios, combustible requerido, o el avituallamiento entre otros. Por tanto, con este estudio se pretende reducir una parte del coste necesario para la instrucción en lo que respecta al consumo de munición, ya que el Sistema Individual para el Combatiente, al estar en conexión con las otras plataformas, implica que se puede hacer uso del Sistema de instrumentalización de blancos (SIB), comentado posteriormente, así como la mejora en el adiestramiento de la tripulación.

A lo largo del trabajo se muestra el estado actual de los Sistemas de Duelo Láser que existen en España, los distintos objetivos y el alcance que se pretende lograr con el Sistema propuesto. Además, se presenta un estudio de los Sistemas de Duelo del Carro de Combate Leopard 2E, del Vehículo de Combate de Infantería/Caballería y del Simulador de Duelo para Combatiente Individual, que constituye en gran medida la base del Sistema que se propone. Seguidamente, se mencionan las distintas soluciones que han ido apareciendo durante la realización del Trabajo de Fin de Grado para intentar solventar el problema que supone la no disponibilidad de un Sistema de Duelo para el Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería Centauro. A continuación, y una vez superada la complejidad en la recopilación de información al estudiar la gama y propiedades del láser, así como las características y funcionamiento del propio Simulador de Duelo para Combatiente Individual, se han realizado numerosas pruebas. El análisis de los resultados obtenidos ha permitido diseñar el Sistema de Duelo Láser propuesto. Respecto a la factibilidad económica, técnica y social del proyecto, se ha realizado un análisis de viabilidad para estudiar los distintos factores que pueden ser cruciales en la toma de decisión con objeto de implantar el Sistema en las distintas Unidades. Para concluir, se reflejan unas líneas futuras que permitirán perfeccionar el Sistema para un mayor aprovechamiento en el ámbito de la Caballería.

Para la realización de todos los análisis y estudios se ha procedido a la lectura bibliográfica de distintos manuales de Sistemas de Duelo existentes, y a la recopilación e investigación de información a través de Internet. Para completar las necesidades requeridas en la realización de un trabajo de tal índole, se ha procedido a reuniones y entrevistas con expertos en distintas

materias, tanto civiles, principalmente miembros de la empresa Tecnobit, como personal militar cualificado.

Con este Trabajo de Fin de Grado se ha conseguido diseñar un Sistema de Duelo Láser, con unos tiempos de instalación reducidos y optimizados, que permite a las Unidades usuarias del Vehículo de Reconocimiento y Combate Centauro instruirse en diversas situaciones que se podrían encontrar en Zona de Operaciones simulando cada una de ellas tantas veces como sea necesario, dando un elevado grado de realismo a los ejercicios de instrucción y adiestramiento ejecutados.

Abstract

The present Degree Final Project aims to solve the problem faced by the Units that maneuver with Cavalry Recognition and Combat Vehicle Centauro, since unlike the Main Battle Tank Leopard 2E and the Infantry/Cavalry Combat Vehicle Pizarro, this platform does not have access to a Duel Laser System that helps to instruct the crew in a variety of exercises of simulated situations they will experience when deployed in Operation Zones. Moreover, it is remarkable the fact that the Infantry Weapon System – Personal Area Network is interconnected to the Duel Laser System of the platforms mentioned above, which would allow the creation of a combined instruction program between the different vehicles and main battle tanks of each Unit.

Furthermore, it is also important to highlight the complex problem we are currently coexisting with when it comes to the Army, more precisely in terms of budget limitations to execute maneuvering exercises, including mobilizing required vehicles and main battle tanks, ammunition needed during the exercises, fuel or food supplies among others. Thus, the main goal of this research is to reduce the cost of instruction specifically in ammunition. The Combatant Individual System, which is connected to the other platforms, makes possible the use of the SIB (Sistema de Instrumentalización de Blancos) as well as the improvement of crew military training.

Throughout the Project it is shown the current status of the Duel Laser Systems existing in Spain, the goals and scope of the proposed system, together with a research on the Duel System of the Main Battle Tank Leopard 2E, the Infantry/Cavalry Combat Vehicle Pizarro and the Infantry Weapon System – Personal Area Network. The last Simulator mentioned constitutes the base of the proposed System. In the Project there are mentioned different solutions that have appeared during the creation of this Final Degree Project showing the approach towards not having a Duel System available for the Cavalry Recognition and Combat Vehicle Centauro. Then, after gathering all the information concerning the spectrum and properties of the laser as well as the Infantry Weapon System – Personal Area Network characteristics, several trials have been carried out. The results of the analysis have allowed the design of the Duel Laser System proposed. Regarding the economic, technical and social feasibility of the Project, a viability study has been conducted to consider the potential crucial factors when taking the decision of implementing the system in the several Units. To sum up, there is also a long-term perspective within the Project, which will allow to refine the system for a more efficient use in Cavalry.

All research and analysis within this Project are the result of specific literature readings on existing Duel Systems as well as the gathering of information accessed on internet sources. To accomplish the required needs for the completion of such a Final Degree Project, several meetings and interviews with experts -mainly Tecnobit employees as well as military qualified personnel- have taken part.

With this Final Degree Project, it has been possible to design a Laser Dueling System, with reduced and optimized installation times, which allows the Cavalry Recognition and Combat

Vehicle Centauro used by Units to be instructed in many situations that could be found in Operation Zone simulating each of them as many times as necessary, giving a high realism degree to the instruction and training exercises executed.

Índice

Agradecimientos.....	II
Resumen	III
Abstract.....	V
Índice	VII
Lista de Acrónimos	IX
Índice de figuras	XI
1. Introducción.....	1
1.1. Estado del Arte.....	2
1.2. Objetivos y alcance	3
2. Estudio de diferentes Sistemas de Duelo Láser.....	4
2.1. Sistemas de Duelo Láser del Vehículo de Combate de Infantería/ Caballería Pizarro.....	4
2.2. Sistema de Duelo Láser para el Carro de Combate Leopard 2E.....	5
2.3. Simulador de Duelo para Combatiente Individual.....	6
3. Soluciones ante la carencia de un Sistema de Duelo Láser en el Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería Centauro8	
3.1. Conexión entre el Simulador de Duelo para Combatiente Individual y el subcalibre AIMTEST.....	8
3.2. Utilizar Arduino para modificar los receptores.....	9
3.3. Utilizar láser del Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería Centauro y los receptores del Simulador de Duelo para Combatiente Individual	9
3.4. Utilizar los receptores del Simulador de Duelo para Combatiente Individual	10
4. Sistema de Duelo Láser propuesto.....	12
4.1. Diseño	12
4.2. Pruebas y resultados.....	16
4.3. Funcionamiento.....	19
5. Análisis de Viabilidad	21
5.1. Análisis económico	21

5.2. Análisis técnico	21
5.3. Análisis social	22
6. Diferencias entre el DSS del CC Leopardo 2E y del VCI/VCC Pizarro con el Sistema propuesto	24
7. Conclusiones y líneas futuras	26
8. Bibliografía.....	28
Anexo A. VRCC Centauro.....	29
Anexo B. Características del CC Leopardo 2E.....	30
Anexo C. Características del VCI/ VCC Pizarro	31
Anexo D. Componentes del EQE DSS Pizarro	32
Anexo E. Componentes EQE DSS Leopardo 2E.....	33
Anexo F. Componentes del Simulador de Duelo para Combatiente Individual	34
Anexo G. Subcalibre AIMTEST.....	36
Anexo H. Referencias en la pancarta de homogenización.....	37
Anexo I. Características de los imanes	38
Anexo J. Encuesta realizada por los distintos expertos	39

Lista de Acrónimos

AGDUS	Ausbildungsgerät Duellsimulator, Dispositivo de Entrenamiento Simulador de Duelo
CC	Carro de Combate
CENAD	Centro de Adiestramiento
CG	Umpire Control Gun, Pistola de Árbitro
CU	Control Unit, Unidad de Control
CUD	Centro Universitario de la Defensa
DGAM	Dirección General de Armamento y Material
DGPS	Differential Global Positioning System, GPS diferencial
DSS	Duel Simulation System, Sistema de Duelo Láser
EA	Estación Análisis
EAS	Equipo de Análisis y Seguimiento
EQA	Equipo de Apoyo
EQE	Equipo Embarcado
ES	Estación de Seguimiento
ET	Ejército de Tierra
EUFOR	European Union Force, Fuerza de la Unión Europea
EUTM	European Union Training Mission, Misión de Entrenamiento de la Unión Europea
FAS	Fuerzas Armadas
GPS	Global Positioning System, Sistema de Posición Global
HDU	Hull Down Unit, Módulo Detector de Ocultamiento
IR	Infrarrojos
IWS-PAN	Infrantry Weapon System – Personal Area Network, Simulador de Duelo para Combatiente Individual
KSI	Kill Status Indicator, Indicador de Estado del Vehículo
LDU	Laser Detector Unit-Unidad Detectora Láser
LTU	Laser Transmitter Unit, Unidad Transmisora Láser
LU	Loader Unit, Unidad de Cargador
MADOC	Mando de Adiestramiento y Doctrina

OSCE	Organización para la Seguridad y Cooperación en Europa
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PCU	Power Control Unit, Unidad de Potencia y Control
SIB	Sistema de Instrumentalización de Blancos
TBU	Trace Burst Unit, Módulo Visualizador de Trayectoria
TFG	Trabajo Fin de Grado
VCI/VCC	Vehículo de Combate de Infantería/Caballería
VEC	Vehículo de Exploración de Caballería
VRCC	Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería

Índice de figuras

Ilustración 1. Estructura del Sistema Simulador Duelo Pizarro. Fuente: Manual de Operación. Simulador de Duelo VCI Pizarro.	4
Ilustración 2. Estructura del Sistema DSS. Fuente: Manual de Operación. Simulador de Duelo para el carro de combate Leopard 2E.	5
Ilustración 3. Descripción operativa del Sistema DSS. Fuente: Manual de Operación. Simulador de Duelo para el carro de combate Leopard 2E.	6
Ilustración 4. Líneas y ángulos de tiro. Fuente: MADOC. (2013). Manual de Instrucción. Instructor Avanzado de Tiro de VCRR Centauro. Granada.	9
Ilustración 5. Mando de inserción de filtros. Fuente: Fuente: Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro.	10
Ilustración 6. Módulos Detectores en la retaguardia del VRCC Centauro. Fuente: elaboración propia.	12
Ilustración 7. Disposición de Módulos Detectores en el lateral derecho. Fuente: elaboración propia.	13
Ilustración 8. Módulos Detectores en el lateral izquierdo del VRCC Centauro. Fuente: elaboración propia.	13
Ilustración 9. Módulos Detectores en el frontal del VRCC Centauro. Fuente: elaboración propia.	14
Ilustración 10. Estructura de los imanes para los Módulos Detectores verticales. Fuente: elaboración propia.	14
Ilustración 11. Estructura de los imanes para los Módulos Detectores horizontales. Fuente: elaboración propia.	15
Ilustración 12. Cable soldado en el polo positivo de la Tarjeta de tiro. Fuente: elaboración propia.	15
Ilustración 13. Cable soldado en el polo negativo de la Tarjeta de tiro. Fuente: elaboración propia.	16
Ilustración 14. Circuito eléctrico. Fuente: elaboración propia.	16
Ilustración 15. Zona de detección del lateral derecho. Fuente: elaboración propia.	17
Ilustración 16. Zona de detección del lateral izquierdo. Fuente: elaboración propia.	18
Ilustración 17. Zona de detección en el frontal. Fuente: elaboración propia. ...	18
Ilustración 18. Zona de detección trasera. Fuente: elaboración propia.	18
Ilustración 19. Circuito de transformación de la energía eléctrica. Fuente: elaboración propia.	20
Ilustración 20. Circuito eléctrico completo. Fuente: elaboración propia.	20
Ilustración 21. Análisis Stakeholders. Fuente: elaboración propia.	22
Ilustración 22. Comparativa entre el DSS CC Leopard 2E y del VCI/VCC Pizarro con el Sistema propuesto. Fuente: elaboración propia.	24

Ilustración 23. Características del VRCC Centauro. Fuente: Mateos, F. P. (2010). Medios Acorazados españoles, presente y futuro. Perfiles IDS, 51.	29
Ilustración 24. Medidas del VRCC Centauro. Fuente: Tripulación del VRCC Centauro.....	29
Ilustración 25. Características del CC Leopardo 2E. Fuente: Mateos, F. P. (2010). Medios Acorazados españoles, presente y futuro. Perfiles IDS, 51.	30
Ilustración 26. Características del VCI/VCC Pizarro. Fuente: Mateos, F. P. (2010). Medios Acorazados españoles, presente y futuro. Perfiles IDS, 51.	31
Ilustración 27. Componentes del Equipo Embarcadero VCI Pizarro. Fuente: Manual de Operación. Simulador de Duelo VCI Pizarro.	32
Ilustración 28. Disposición de los componentes del EQE. Fuente: Manual de Operación. Simulador de Duelo VCI Pizarro.	32
Ilustración 29. Elementos EQE Leopardo 2E. Fuente: Simulador de Duelo para el carro de combate Leopardo 2E.	33
Ilustración 30. Pistola de Árbitro. Fuente: Manual del Simulador de Duelo para Combatiente Individual.	34
Ilustración 31. Módulo Detector. Fuente: Manual del Simulador de Duelo para Combatiente Individual.	34
Ilustración 32. Emisor Láser. Fuente: Manual del Simulador de Duelo para Combatiente Individual	35
Ilustración 33. Unidad de Control. Fuente: Manual del Simulador de Duelo para Combatiente Individual.	35
Ilustración 34. Subcalibre en el VRCC Centauro. Fuente: Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro	36
Ilustración 35. Componentes del subcalibre. Fuente: Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro.	36
Ilustración 36. Referencias de la pancarta de homogeneización. Fuente: Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro.....	37
Ilustración 37. Características de los imanes. Fuente: https://www.first4magnets.com/rectangular-c35/25-x-10-x-4mm-thick-n42-neodymium-magnet-5-4kg-pull-p2575#ps_1-843	38
Ilustración 38. Encuesta realizada a distintos expertos. Fuente: elaboración propia.	40

1. Introducción

Como recoge el artículo ocho del título preliminar de nuestra Constitución, las Fuerzas Armadas, constituidas por el Ejército de Tierra, la Armada y el Ejército de Aire, tienen como misión garantizar la soberanía e independencia de España, defender su integridad territorial y el ordenamiento constitucional. De igual forma, la contribución de nuestro ejército en la defensa de la paz y la seguridad internacional sigue creciendo, y se ha visto aumentada por la globalización y la amenaza del extremismo islámico, debido en gran medida a nuestra posición geopolítica. Se comprueba con la participación en operaciones de Naciones Unidas donde desde 1989 España realiza misiones de paz, en la Organización para la Seguridad y Cooperación en Europa (OSCE) desde su origen, en la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) donde España desde 1999 tiene plena incorporación en la estructura militar integrada, así como en la Unión Europea donde actualmente forma parte, entre otras, de operaciones como Atalanta en la lucha contra la piratería en el Océano Índico, en la Fuerza de la Unión Europea (EUFOR- European Union Force) Althea de asesoramiento y Adiestramiento de Fuerzas Armadas, en Misiones de Entrenamiento de la Unión Europea (EUTM- European Union Training Mission) tanto en Malí como en Somalia, o en Apoyo de la República Centroafricana, táctica y logísticamente (MINISDEF, Ministerio de Defensa, 2019).

Nuestras Fuerzas Armadas tienen que estar altamente preparadas, en constante desarrollo, innovación, investigación y evolución con las nuevas tecnologías mejorando tanto física como mentalmente, no solo ante cualquier tipo de misión en el ejercicio de las funciones propias en la defensa de España sino también en el adiestramiento y apoyo de misiones internacionales. Para esto son fundamentales, en los ejercicios de instrucción durante las maniobras, la utilización de métodos de simulación de la realidad. Esta simulación puede ser Virtual (con equipos), Real (Unidades enfrentadas) o Constructivas (Unidades enfrentadas y un ambiente simulado que varía en el transcurso del ejercicio) (Mateos, 2010). El Sistema de Duelo Láser (DSS- Duel Simulation System) es un método de entrenamiento compuesto por receptores y láser que utilizan las Unidades para poder simular la realidad llevando a cabo actividades de doble acción, que son ejercicios que permiten a la Unidad enfrentarse entre ella misma con sus propios medios y de esta manera aprende a trabajar bajo presión, de forma más eficaz y eficiente, o realizar planeamientos de misión más detallados, entre otros. Otro factor a tener en cuenta es que TecnoBit creó para los Sistemas de Duelo Láser existentes, comentados posteriormente, el Sistema de instrumentalización de blancos (SIB) ¹ con el que se puede realizar tiro sin necesidad de consumir munición real (Mateos, 2010). Por consiguiente, se puede suprimir el coste en munición respecto del crédito del que se dispone en el adiestramiento y de esta manera poder satisfacer también las demandas de las Pequeñas Unidades².

¹ Receptor para realizar ejercicios de tiro con el duelo láser

² Unidades desde tipo Sección hasta Regimiento

El trabajo que se va a describir a continuación es propio del Ejército de Tierra y más concretamente del arma de Caballería. La Caballería es por excelencia el Arma del reconocimiento, de la seguridad y del contacto. Las virtudes características son la audacia, la acometividad, la iniciativa y el espíritu de sacrificio. Asimismo, las características principales son la velocidad, la movilidad de sus unidades, la flexibilidad y la fluidez (MADOC, [Documento Uso Interno]. Combate de la Caballería, 2017). Por todo ello cuenta con diversos tipos de medios como el Vehículo de Exploración de Caballería (VEC), el Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería (VRCC) Centauro, Carro de Combate Leopard 2E (CC) o el Vehículo de Combate de Infantería/ Caballería (VCI/VCC) Pizarro, entre otros. Como se muestra a lo largo del trabajo, el CC Leopard 2E y del VCI/VCC Pizarro cuentan con un Simulador de Duelo, por lo que, como se ha comprobado en las entrevistas tenidas con los expertos de dichas plataformas, permite trabajar en una amplia gama de ejercicios completando de esta manera la formación del personal de estas Unidades. Sin embargo, estos Sistemas de Duelo que existen actualmente presentan numerosos problemas como puede ser el tiempo que se tarda en la implantación del Simulador sobre el CC Leopard 2E o los problemas tecnológicos que conllevan dichos Sistemas. Asimismo, el VRCC Centauro no posee un Simulador de Duelo, por lo que las Unidades que poseen este vehículo están más limitadas en la instrucción de tiro, por el motivo de crédito mencionado anteriormente. Además, se añade la dificultad que tiene el mando para que el Tirador, al no tener una misión específica en su formación, como puede ser derribar un objetivo realizando los pasos necesarios para hacer fuego, no se desmotive y pierda interés en seguir aprendiendo y creciendo en esta gran empresa como es el Ejército.

Es importante señalar que este Sistema de Duelo Láser propuesto, con base en el Simulador de Duelo para Combatiente Individual como se muestra a continuación, es para el VRCC Centauro. Dicho medio dispone como armamento principal un cañón de 105mm y de armamento secundario con una ametralladora coaxial 7.62mm, ocho lanza-artificios de 76mm y dos ametralladoras de 7.62mm. Dicho vehículo posee una torre al girar en 360°, le proporciona una gran vigilancia y seguridad tanto al propio vehículo como al resto de la Unidad. Esta plataforma fue creada por los italianos para cruzar Italia rápidamente en caso de estar bajo invasión soviética, por lo que lo dotaron con un motor de 520 CV proporcionando una velocidad máxima de 105 (MADOC, [Documento Uso Interno]. Tripulación del VRCC Centauro, 2015). Descripción completa en el [Anexo A](#).

1.1. Estado del Arte

Como ya se ha comentado en la introducción, los Sistemas de Duelo Láser son de vital importancia en los entrenamientos que se realizan en las Unidades para simular la realidad y asimilar los distintos pasos necesarios para llevar a cabo un disparo, puesto que en caso de estar en necesidad durante una misión en Zona de Operación y bajo presión enemiga, no puede haber la posibilidad de fallar en la ejecución del procedimiento de tiro.

Actualmente, se dispone de un DSS para el Carro de Combate (CC) Leopard 2E ([Anexo B](#)) y para el Vehículo de Combate de Infantería/Caballería (VCI/VCC) Pizarro ([Anexo C](#)) creados por la empresa Tecnobit, que serán comentados posteriormente. Del mismo modo, existe un Simulador de Duelo para Combatiente Individual (IWS-PAN – Infantry Weapon System-Personal

Area Network) utilizado sobre el fusil de asalto HK G36E, ametralladora HK MG4E o el fusil Accuracy. El IWS-PAN constituirá la base para poder llevar a cabo el Sistema propuesto de Duelo sobre el VRCC Centauro.

En el ámbito internacional también podemos encontrar otros tipos de Sistemas de Duelo láser como puede ser el Ausbildungsgerät Duellsimulator (AGDUS – Dispositivo de Entrenamiento Simulador de Duelo) utilizado por Bundeswehr ³ sobre el CC Leopard2, Armored Fighting Vehicle Marder 1 A3 y en el vehículo Guepard, además de ser utilizado también en armamento individual. Cabe remarcar que este simulador no será objeto de estudio. El motivo es que no es compatible con los Sistemas disponibles en el Ejército de Tierra (ET) y esto impediría la instrucción con otros tipos de vehículos.

1.2. Objetivos y alcance

El objetivo principal de este trabajo consiste en proponer un nuevo Sistema de Duelo Láser para el Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería (VRCC) Centauro mediante la distribución de los distintos Módulos Detectores del Simulador de Duelo para Combatiente Individual sobre el vehículo, así como su posterior conexión entre el IWS-PAN y el VRCC Centauro.

El principal fundamento de utilizar el Sistema Individual como base del DSS Centauro y no los existentes del CC Leopardo 2E y del VCI/VCC Pizarro es el de invertir menor tiempo en la preparación y montaje del Sistema, ya que la duración de las maniobras es limitada y en los Sistemas de Duelo Láser mencionados anteriormente se debe emplear una duración de aproximadamente 90-120 minutos reales a pesar de que en el manual propio de cada Sistema aparezca entre 30-45. Asimismo, si se pretende realizar un ejercicio de tiro con munición real durante las maniobras se debe de proceder a la desinstalación del Sistema y su posterior instalación tras finalizar este, por lo que se sigue malgastando el tiempo de manera innecesaria. Del mismo modo, se consigue un aprovechamiento de los medios propios del ET y reducir gastos económicos. También este Sistema propuesto permitiría un adiestramiento con otros vehículos debido a su complementación con los demás Sistemas de Duelo Láser de vehículos y carros de combate.

Como alcance, debido al tiempo de las prácticas y de la falta de medios, se hace dificultoso elaborar un Proyecto y un diseño completo, lo que se pretende intentar es confeccionar una base para que en un futuro se continúe con este proyecto propuesto por el Regimiento de Caballería España XI y conseguir de esta manera un DSS propio para el VRCC Centauro.

³ Fuerzas Armadas alemanas compuestas por el Ejército, la Marina, la Fuerza Aérea, Servicio médico central y Servicio de apoyo conjunto

2. Estudio de diferentes Sistemas de Duelo Láser.

Como se ha comentado en la introducción, el Sistema de Duelo Láser (DSS- Duel Simulation System), que se podría definir como un medio formado por un láser y unos receptores, es utilizado por las Unidades para entrenar simulando la realidad llevando a cabo actividades de doble acción. Sin embargo, cada DSS se encuentra diferenciado tanto en funcionamiento como en los componentes.

A continuación, se muestran alguno de los Sistemas de Duelo Láser existentes en la actualidad.

2.1. Sistemas de Duelo Láser del Vehículo de Combate de Infantería/ Caballería Pizarro

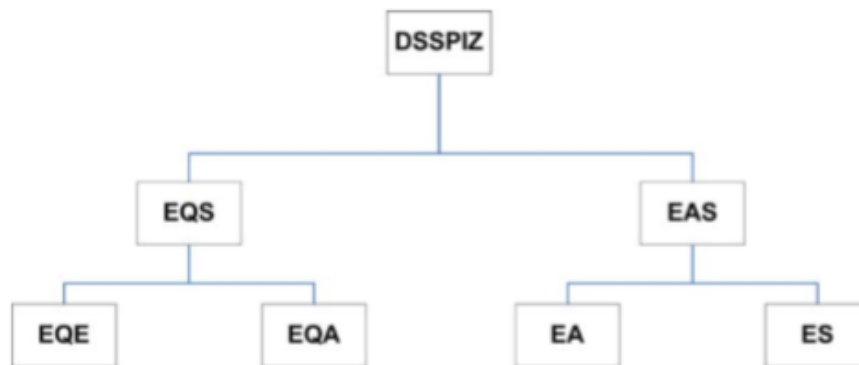


Ilustración 1. Estructura del Sistema Simulador Duelo Pizarro. Fuente: Manual de Operación. Simulador de Duelo VCI Pizarro.

Como se puede apreciar en la Ilustración 1, el Sistema de Duelo láser del Vehículo de Combate de Infantería/ Caballería Pizarro se compone de un Equipo de Simulación (EQS) y de un Equipo de Análisis y Seguimiento (EAS). El Equipo de Simulación a su vez contiene el Equipo Embarcado (EQE), conformado por todos los elementos propios del Sistema que van sobre el vehículo, y un Equipo de Apoyo (EQA), formado por todos los elementos no instalados en el vehículo, pero necesarios para el funcionamiento del Sistema. El EQE funciona gracias a la Unidad de Potencia y Control (PCU- Power Control Unit) ya que además de aportar la potencia necesaria al resto de los componentes del DSS, contiene los distintos datos propios de cada ejercicio a realizar. Asimismo, el EQE contiene una Unidad de Control (CU- Control Unit) en el puesto del Jefe del Vehículo de tal manera que la información del propio Simulador se muestra en su pantalla como el resultado de daños y realiza el chequeo completo del Sistema, es el cerebro del DSS. Del mismo modo, la Unidad de Cargador (LU-Loader Unit) localizada en el puesto del Cargador presenta información correspondiente a su puesto como la confirmación del tipo de munición solicitada por el Jefe del Vehículo. Por medio de la Unidad de Control se activa la Unidad Transmisora Láser (LTU- Laser Transmitter Unit) que lanza el láser propio y, con la Unidad Detectora Láser (LDU-Laser Detector Unit) instalada en el otro vehículo se detecta dicho láser

transmitido. Con ayuda del Altavoz, que se encarga de efectuar la parte sonora de la realidad simulando el impacto y los disparos, y del Estado del vehículo (KSI- Kill Status Indicator), que señala de manera luminosa que el vehículo ha sido alcanzado por un proyectil, el Sistema muestra la simulación de la realidad. El Módulo Visualizador de Trayectoria (TBU- Tracec Burst Unit) permite al Tirador apreciar la trayectoria del disparo realizado para mejorar su instrucción y poder corregir sobre impacto. El DSS cuenta con un Sistema GPS diferencial (DGPS- Differential Global Positioning System) que aporta una mayor precisión por medio de Antenas de Radio Frecuencia (RF) y de Bluetooth aportando correcciones de los datos obtenidos por los receptores GPS. El Transformador “Bluetooth” CANview se encarga de enviar datos a la Estación de Seguimiento para poder realizar un análisis de la operación que se está llevando. La DBOX (Caja de Distribución) permite la interconexión de datos con ayuda de un distinto cableado entre el vehículo y el DSS por lo que gracias a este dispositivo se puede conocer los distintos enfrentamientos tenidos a lo largo del ejercicio. Aporta la energía requerida por los distintos conectores del propio vehículo.

Dentro de los diferentes componentes auxiliares que forman el Equipo de Apoyo (EQA), se encuentra la Pistola de Árbitro (CG- Umpire Control Gun) que suministra los datos necesarios para el ejercicio. Este componente permitirá al jefe del ejercicio resucitar al vehículo que haya sido destruido por otro o introducir incidencias durante la ejecución del mismo, por ejemplo, simulando que un vehículo ha sido destruido.

Asimismo, el DSS del VCI/VCC Pizarro contiene un Equipo de Análisis y Seguimiento que está compuesto por la Estación de Análisis (EA), que es un ordenador que puede transferir datos de una misión, o descargar lo sucedido en el ejercicio anterior, y la Estación de Seguimiento (ES), que muestra en tiempo real la ejecución del ejercicio gracias a que el DSS del VCI/VCC Pizarro está basado principalmente en la tecnología de Sistema de Posición Global (GPS – Global Positioning (MADOC, [Documento Uso Interno]. Manual de Operación. Simulador de Duelo VCI Pizarro, 2006). Ver los componentes del EQE según [Anexo D](#).

2.2. Sistema de Duelo Láser para el Carro de Combate Leopard 2E

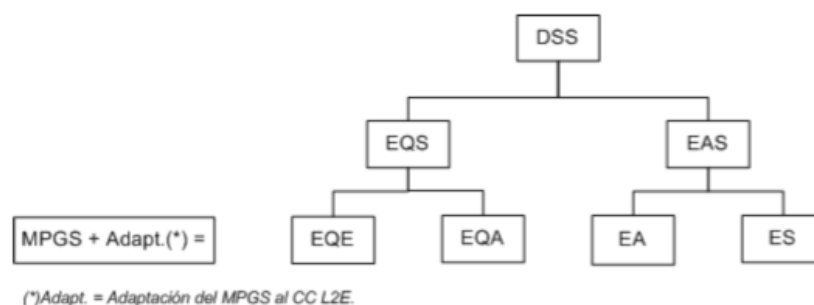


Ilustración 2. Estructura del Sistema DSS. Fuente: Manual de Operación. Simulador de Duelo para el carro de combate Leopard 2E.

El Sistema de Duelo Láser de la plataforma del CC Leopard 2E, al igual que el Simulador del VCI/VCC Pizarro, se basa principalmente en un Sistema GPS donde los componentes, como queda reflejado en la Ilustración 2, son los mismos que en el anterior a excepción de que se presenta un elemento más. El Módulo Detector de Ocultamiento (HDU- Hull Down Unit) que permite identificar si la barcaza se encuentra en desenfila⁴ durante la realización del duelo con otros carros de combate (TECNOBIT, [Documento Uso Interno]. Simulador de Duelo para el carro de combate Leopard 2E (DSSL2E), 2010). Véase [Anexo E](#) para más información de los elementos que componen el EQE.

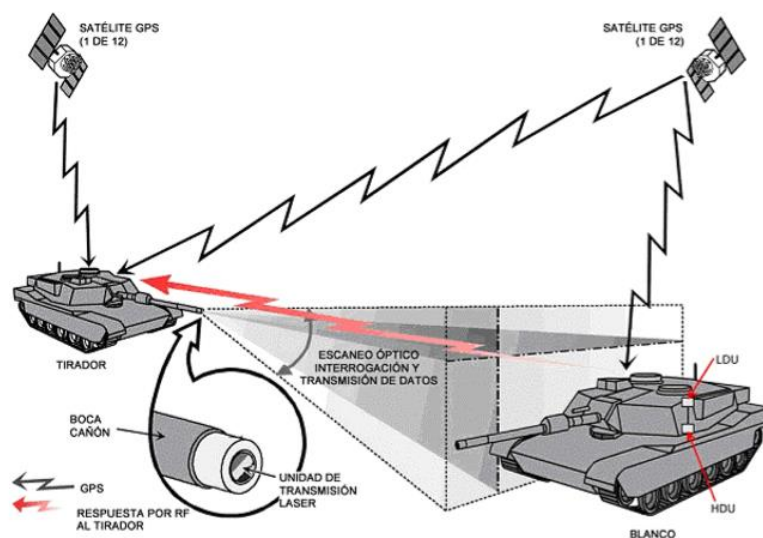


Ilustración 3. Descripción operativa del Sistema DSS. Fuente: Manual de Operación. Simulador de Duelo para el carro de combate Leopard 2E.

En la Ilustración 3 se puede apreciar como el Tirador, tras realizar de manera correcta el procedimiento de disparo y al estar conectado al GPS, lanza el láser de la LTU que, al impactar con el receptor del blanco, el Sistema compara las coordenadas entre el Tirador y el Blanco para simular la trayectoria del proyectil y a su vez informar al Carro de Combate Tirador que ha conseguido su destrucción.

2.3. Simulador de Duelo para Combatiente Individual.

El Simulador de Duelo para Combatiente Individual (IWS-PAN) ha sido ideado para Unidades a pie y permite una simulación de la realidad haciendo uso de un fusil de asalto HK G-36E, una ametralladora HK MG4E o el fusil Accuracy. El funcionamiento de este Sistema está compuesto por cuatro receptores, uno de ellos posicionado en la parte frontal del uniforme del combatiente, otro en la espalda de este, y los otros dos receptores van en el casco. De esta manera se origina una burbuja alrededor del combatiente que cuando el Emisor Láser, que va montado sobre el armamento individual, emite el láser tras ser activado por medio de la vibración del cartucho de fogeo o por el impulso lanzado por el cable de disparo, los receptores recogen la

⁴ Acción militar de ocultarse del enemigo y estar protegido del fuego.

señal emitida y se simula el impacto sobre el individuo por medio de un sonido en la Unidad de Control (CU), que es el cerebro del Sistema. Esta CU controla a los 4 receptores, con posibilidad de añadir un quinto receptor que sería el del GPS, de esta manera en la Sala de Seguimiento se permitiría apreciar el movimiento de los combatientes en tiempo real. Los datos de esta simulación, al igual que en los anteriores Sistemas mencionados, se transmiten por medio de la Pistola de Árbitro como la munición disponible. La gran característica apreciable que posee este Simulador es que es compatible con el del VCI/ VCC Pizarro y del CC Leopardo 2E (TECNOBIT, [Documento Uso Interno]. Simulador de Duelo para Combatiente Individual, 2015). Véase [Anexo F](#) para observar los componentes del IWS-PAN.

3. Soluciones ante la carencia de un Sistema de Duelo Láser en el Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería Centauro

En esta sección se presentan varias soluciones para poder solventar el problema que supone no tener un DSS propio del VRCC Centauro que permita la instrucción de la tripulación de manera real y así obtener un mayor rendimiento en cuanto al empleo del mismo.

A continuación, se muestran una serie de posibles soluciones enfocadas a solucionar dicho problema.

3.1. Conexión entre el Simulador de Duelo para Combatiente Individual y el subcalibre AIMTEST

La primera solución que se planteó para resolver el problema consiste en intentar que el subcalibre AIMTEST, que es una herramienta acoplada al cañón que permite a las Unidades que poseen el VRCC Centauro instruirse en la secuencia de disparo del vehículo con munición de 12.70 (véase en el [Anexo G](#) para más información), fuese el encargado de activar el Emisor Láser ya que de esta manera se permitiría realizar el procedimiento completo del disparo. Sin embargo, el subcalibre no puede ser utilizado con el VRCC Centauro en movimiento ni que el objetivo se encuentre en movimiento como bien se muestra en la orden ([Documento Uso Interno]. Munición subcalibre 12.70, 2016). Además, hay que tener en cuenta que la Línea de Tiro, definida como la prolongación del arma, y que la Línea de Mira, definida como la visual determinada por el periscopio del VRCC Centauro, coinciden durante un periodo determinado. De tal manera que, si el objetivo se encuentra dentro del recorrido donde coinciden ambas líneas, el objetivo sería derribado. El problema es que para poder llevar a cabo esto se debería de homogeneizar respecto al Panel de Homogeneización ([Anexo H](#)) y no existe ningún medio que permita esto (MADOC, [Documento Uso Interno]. Manual de Instrucción. Instructor Avanzado de Tiro de VCRR Centauro, 2013). En la Ilustración 4 se puede apreciar las distintas líneas anteriormente comentadas. El problema que presenta esta solución planteada es que el láser iría rebotando en las paredes del propio cañón hasta la salida del mismo por lo que no se podría controlar el grado de dispersión del láser.

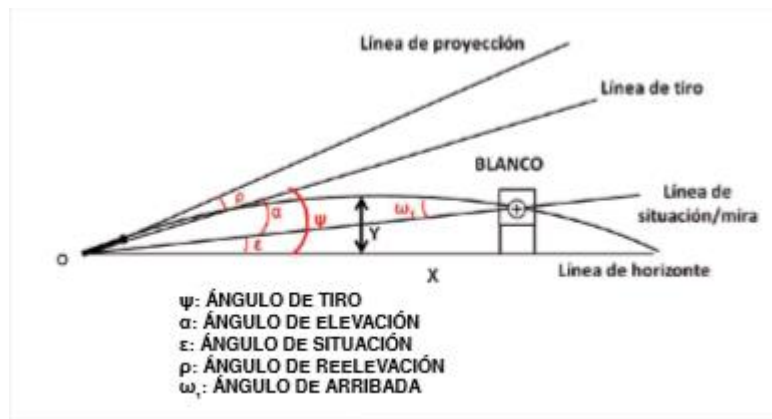


Ilustración 4. Líneas y ángulos de tiro. Fuente: MADOC. (2013). Manual de Instrucción. Instructor Avanzado de Tiro de VCRR Centauro. Granada.

Con esto se quiere hacer referencia a que el objetivo visualizado por el periscopio se encuentra durante la Línea de mira, y la dispersión del láser, que seguiría aproximadamente la Línea de tiro, debería de contener a dicha Línea de mira para poder impactar sobre el blanco y realizar la simulación. Al rebotar el láser contra las paredes del cañón, no se puede llevar a cabo una homogeneización haciendo que este impacte sobre el objetivo a una distancia de manera fiable.

3.2. Utilizar Arduino para modificar los receptores

Con el empleo de una placa Arduino, una placa electrónica con un hardware libre que permite reprogramar y establecer conexiones con sensores y actuadores (Arduino, 2019), se intentaba realizar una modificación de las características de los receptores, como podría ser aumentar la señal de infrarrojos (IR) o modificarlas para que sean compatibles con un emisor láser. Sin embargo, la complejidad que supone elaborar un programa para modificar las características de los receptores no sería realizable en un breve periodo de tiempo.

3.3. Utilizar láser del Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería Centauro y los receptores del Simulador de Duelo para Combatiente Individual

Otro planteamiento consistía en utilizar el láser del propio VRCC Centauro como Emisor Láser. Este láser posee unas características de 250-9990 metros de distancia y una supresión de ecos de 250-3500 metros. El láser del vehículo se emplea para poder conocer la distancia a la que se encuentra el objetivo. Una propiedad muy importante es que, si hay obstáculos entre el VRCC Centauro y el objetivo, se obtendrían los datos de estos también llevando a confusión de la distancia real con respecto al objetivo. Por ello existe la supresión de ecos mencionada anteriormente, con la cual se le puede introducir a la CPU del vehículo una distancia mínima por debajo de la cual no se obtenga información de los obstáculos presentes en el terreno.

Esta solución facilitaría la posibilidad de utilizar el mismo mecanismo de láser del VRCC Centauro para realizar la simulación evitando la instalación de otro Emisor Láser con su correspondiente cableado y conexión con el VRCC Centauro para simular el proceso de disparo. Sin embargo, es un láser de elevada potencia y a su vez altamente peligroso, ya que puede producir daños al personal que se encuentre tanto desplazándose a pie o desprotegido por las inmediaciones, así como a la tripulación del propio vehículo si no se toman las medidas necesarias, como puede ser poner el filtro verde para el láser en el Mando de inserción de filtros como se muestra en la Ilustración 5, entre otras.

Además de todo ello, el láser del VRCC Centauro no se encuentra codificado por lo que los receptores propios del IWS-PAN no son capaces de detectar dicho láser y la simulación del duelo no se podría llevar a cabo (MADOC, [Documento Uso Interno]. Tripulación del VRCC Centauro, 2015).



Ilustración 5. Mando de inserción de filtros. Fuente: Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro.

3.4. Utilizar los receptores del Simulador de Duelo para Combatiente Individual

El Simulador de Duelo para Combatiente Individual posee unos Módulos Detectores, que son los encargados de descodificar el láser del propio Simulador de Duelo para el Combatiente Individual, que van a constituir la base de esta última solución planteada al problema y que se va a desarrollar en este trabajo. Dicha solución consiste en distribuir los Módulos Detectores de una forma adecuada en la superficie del VRCC Centauro y así conseguir el objetivo buscado, esto es, conseguir un Sistema de Duelo Láser para dicho vehículo. Debido a que se conocen las características de estos módulos, se podría diseñar un Emisor Láser más potente que cumpla con los requisitos para poner en funcionamiento el Sistema o la modificación de los receptores por medio de la placa Arduino. Además, gracias a que el Regimiento España XI posee estos receptores, ha sido posible la realización de diversas pruebas para conocer los mínimos módulos necesarios para cubrir la superficie del VRCC Centauro con material propio del ET.

Tras la entrevista tenida con un experto de la materia del Sistema Individual en el Centro de Adiestramiento (CENAD), se conoció que contienen 1200 receptores en el mismo lugar. Esto se debe a que, en un principio, cuando se diseñó dicho Sistema, el CENAD fue el encargado de almacenar y repartir los equipos del Simulador de Duelo para Combatiente Individual a las distintas Unidades que necesitaban emplear el Sistema para la ejecución de sus ejercicios de doble acción.

Posteriormente, para que las Unidades no tuviesen que depender del CENAD para poder llevar a cabo ejercicios de simulación, se decidió repartir por las Unidades numerosos equipos. Gracias por tanto a la fácil disponibilidad del material propio al Simulador, las Unidades podrían utilizar numerosos vehículos con el Sistema propuesto instalado en sus ejercicios.

Seguidamente se va a mostrar el diseño del Sistema del Duelo Láser propuesto para el VRCC.

4. Sistema de Duelo Láser propuesto

En esta sección del TFG se va a mostrar el diseño que conforma el DSS propuesto, las distintas pruebas que se han ido realizando para poder diseñar el mismo con sus respectivos resultados.

4.1. Diseño

A continuación, se muestra los distintos componentes que van a dar lugar al Sistema propuesto. En un primer acercamiento a la implantación del Sistema, se muestra la disposición de los distintos Módulos Detectores propios del IWS-PAN y la solución para que los mismos se encuentren fijos en sus posiciones frente a las distintas irregularidades presentes en el terreno por medio de bloques magnéticos. Seguidamente, se mostrará la modificación de una Tarjeta de Tiro que permite el traspaso de la tensión propia del VRCC Centauro para poder activar el Emisor Láser por medio de un circuito eléctrico.

El diseño del Sistema propuesto comienza con tres equipos completos del Simulador de Duelo para Combatiente Individual, entendiéndose por equipo: cuatros Módulos Detectores con su respectiva Unidad de Control, sobre el VRCC Centauro. La Unidad de Control es aconsejable que se localice en el puesto del Jefe de Vehículo en el caso del lateral izquierdo del vehículo, en el del Tirador para el del lateral derecho y en el Cargador el de la parte trasera. De esta manera la tripulación conocería la zona de impacto y podría reaccionar y estudiar una posible localización del enemigo para su posterior aprendizaje de los errores cometidos o idear un plan para su emboscada.

El primer equipo completo será el encargado de recoger el impacto del láser en la parte trasera del vehículo siguiendo la disposición mostrada en la Ilustración 6.



Ilustración 6. Módulos Detectores en la retaguardia del VRCC Centauro. Fuente: elaboración propia.

En la Ilustración 7 se puede apreciar como un equipo es el encargado de recibir el láser del lateral derecho del vehículo con tres Módulos Detectores y al mismo tiempo con el cuarto, localizado en el frontal del vehículo, recibe la mitad de la parte frontal.



Ilustración 7. Disposición de Módulos Detectores en el lateral derecho. Fuente: elaboración propia.

En la Ilustración 8 se muestra la disposición de los receptores en el lateral izquierdo de manera que este también se forme por tres receptores y el cuarto se encuentre cubriendo la otra mitad de la parte frontal.



Ilustración 8. Módulos Detectores en el lateral izquierdo del VRCC Centauro. Fuente: elaboración propia.

Por último, en la ilustración 9 se muestra la disposición de los Módulos Detectores encargados de recoger el láser impactado en la zona frontal del VRCC Centauro. Recordemos que los que están en la zona superior de la barcaza corresponden a los terceros receptores de los equipos reflejados en la Ilustración 7 y la Ilustración 8 y, que los dos que se encuentran más abajo, corresponden a los cuartos receptores no mostrados en las ilustraciones anteriores.



Ilustración 9. Módulos Detectores en el frontal del VRCC Centauro. Fuente: elaboración propia.

Para permitir que estos Módulos Detectores se encuentren en la posición adecuada, mostrada en las ilustraciones anteriores, se ha procedido a la investigación de distintos imanes de gran capacidad para asegurar la sujeción de estos frente a las irregularidades presentes en el terreno y de algún método para facilitar la colocación y retirada evitando posibles daños tanto en la pintura del vehículo como en el módulo. Finalmente, se ha experimentado con unos imanes que presentan una Fuerza de sujeción de aproximadamente 5.4 kg, ver características de imanes en el [Anexo I](#). Estos imanes se encuentran disponibles en la web www.magnetexpert.com. En función de la posición de los receptores es necesaria una estructura para evitar su pérdida durante la realización del ejercicio, en el caso de la posición de los Módulos en vertical se muestra la Ilustración 10 y para los horizontales la Ilustración 11. Como método para el manejo de los imanes se ha escogido como material más adecuado la interposición de un tejido, preferiblemente que sea del mismo color del VRCC Centauro para su camuflaje, que permite la manipulación y retirada de estos con facilidad.



Ilustración 10. Estructura de los imanes para los Módulos Detectores verticales. Fuente: elaboración propia.



Ilustración 11. Estructura de los imanes para los Módulos Detectores horizontales. Fuente: elaboración propia.

Por último, para permitir que este Sistema funcione de manera eficaz, aprovechando el mecanismo eléctrico del propio VRCC Centauro y la Tarjeta de tiro, se ha diseñado un circuito eléctrico. La Tarjeta de tiro es utilizada como comprobación de que el mecanismo de disparo funciona de modo correcto, es decir que cuando se finaliza el procedimiento de tiro, el circuito eléctrico propio del VRCC Centauro permite que la tensión se propague por la placa de la Tarjeta de tiro hasta la bombilla. Esta al encenderse indica que todo está en orden.

El funcionamiento del Sistema propuesto comienza con la modificación de una Tarjeta de tiro en la que se ha soldado el cable con un Conector Faston rojo en el positivo y con el cable azul en el negativo, como se muestran en la Ilustración 12 y 13 respectivamente, para propagar la Tensión del propio vehículo hacia un circuito como se muestra en la Ilustración 14 que permite la activación de la Emisor Láser a través del cableado localizado a lo largo del cañón. El funcionamiento completo y las pruebas realizadas con el Sistema propuesto se comentarán al final de esta sección.

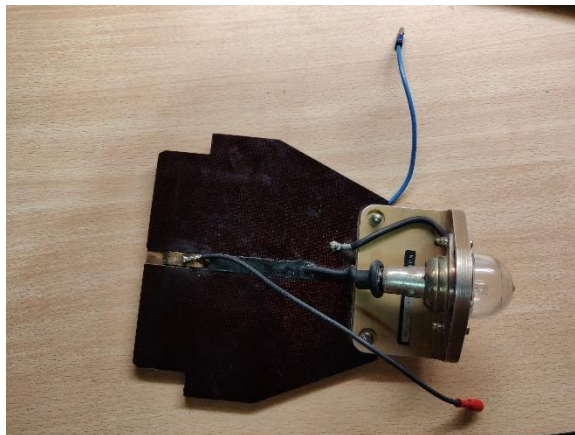


Ilustración 12. Cable soldado en el polo positivo de la Tarjeta de tiro. Fuente: elaboración propia.



Ilustración 13. Cable soldado en el polo negativo de la Tarjeta de tiro. Fuente: elaboración propia.

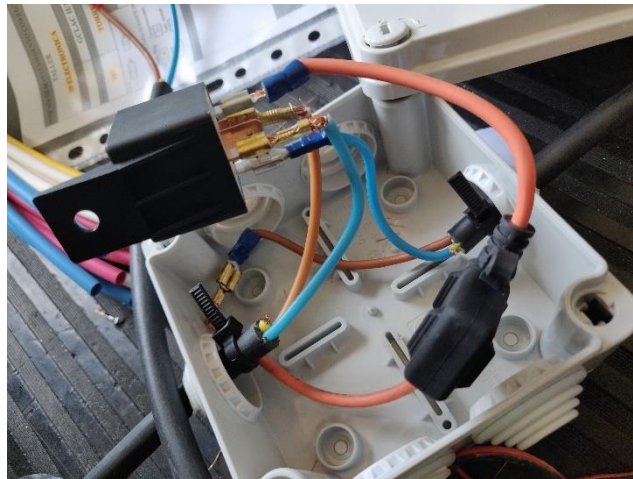


Ilustración 14. Circuito eléctrico. Fuente: elaboración propia.

Para finalizar esta sección, es necesario el diseño de un Emisor Láser que emita un láser codificado con mayor potencia y que sea compatible con los Módulos Detectores del IWS-PAN, ya que por diversos impedimentos durante las prácticas no se ha podido llevar a cabo la investigación profunda del Emisor Láser del propio Sistema IWS-PAN. De esta manera, los módulos podrían detectar el láser a una mayor distancia y por tanto la eficacia del Sistema aumentaría. Este Emisor Láser se encontraría posicionado en el centro del cañón por media de una pieza de material ignífugo para evitar que por motivos de temperatura se alteren las características o se rompa.

4.2. Pruebas y resultados

Debido a la dificultad para poder recopilar información útil a la hora de entender el funcionamiento de manera correcta y completa del Simulador de Duelo para Combatiente Individual, se han tenido que ir realizando numerosas pruebas para poder analizar el resultado de estas y así diseñar el Sistema propuesto.

El primer ejercicio que se llevó a cabo, ya que existían dudas con la posibilidad de que no se pudiese crear la red del IWS-PAN debido al blindaje que presenta dicho vehículo, fue un acercamiento entre la conexión del Sistema con el VRCC Centauro. Para ello, con ayuda de la Pistola de Árbitro, un componente del Simulador de Duelo para Combatiente Individual que suministra los datos necesarios para el ejercicio, en modo “Destrucción” a una distancia de 7 metros se realizó impacto hacia un receptor mientras que la Unidad de Control se depositaba en el interior del VRCC Centauro en el puesto del Jefe de Vehículo y con las escotillas abiertas. El resultado fue favorable ya que la Unidad de Control consiguió detectar la señal emitida por el receptor por lo que se continuó probando en el siguiente paso con las escotillas cerradas dando de nuevo un resultado positivo.

Seguidamente se comenzó a conocer el mínimo número de receptores posibles para que el radio de recepción del láser abarque las medidas aproximadamente del VRCC Centauro dando lugar a la disposición mostrada en las ilustraciones del apartado anterior.

Sin embargo, a medida que se iba avanzado en el proyecto se detectaron unos riesgos asumidos. Principalmente el de la zona de recepción por los Módulos Detectores que una vez implementados sobre el VRCC Centauro no abarcaba por completo las dimensiones propias del vehículo. En la ilustración 15 se puede apreciar las zonas de recepción del lateral derecho, en la Ilustración 16 las del lateral izquierdo, en la Ilustración 17 el frontal del vehículo y en la 18 la parte trasera. El interior de la zona esbozada de color amarillo representa la zona de detección del láser por parte de los Módulos Detectores. Del mismo modo, estos módulos se encuentran rodeados con una circunferencia de color negro para su fácil identificación.



Ilustración 15. Zona de detección del lateral derecho. Fuente: elaboración propia.



Ilustración 16. Zona de detección del lateral izquierdo. Fuente: elaboración propia.



Ilustración 17. Zona de detección en el frontal. Fuente: elaboración propia.



Ilustración 18. Zona de detección trasera. Fuente: elaboración propia.

Estas zonas de recepción por parte de los Módulos Detectores se han ido esbozando por medio de prueba y error ya que los radios y la forma de recepción que disponen los receptores no se ha podido conocer durante todo el Proyecto. Para ello, se han realizado emisiones con la Pistola

de Árbitro en modo “Destruído” y “Resucitar” desde una posición de 90° respecto la superficie de la que se estaba tomando muestras a una distancia de 7 metros, como se menciona anteriormente.

Como se puede apreciar la zona de detección no ocupa todas las dimensiones del vehículo. También señalar que las “zonas muertas” van aumentando a medida que se aleja del vehículo debido a que la señal de infrarrojos enviada por el Emisor Láser se debilita y dispersa, por lo que el Módulo Detector del Sistema no es capaz de producir el funcionamiento adecuado.

Igualmente, se ha descubierto que esta zona de recepción puede verse modificada en función del lugar desde donde se emita el láser. Esto es, las zonas que no podían ser detectadas por medio de los Módulos Detectores en las ilustraciones mostradas anteriormente, son detectadas por los mismos receptores lanzando láser con la Pistola de Árbitro desde otras posiciones distintas de 90° con la superficie a ensayar.

Sin embargo, estos riesgos se pueden asumir ya que tras la modificación de los Módulos Detectores por medio de la placa Arduino, comentada anteriormente, o con el empleo de un láser de mayor potencia que tenga una menor dispersión que el del IWS-PAN se podría llevar a cabo la simulación sin lugar a error.

4.3. Funcionamiento

En este apartado del Trabajo de Fin de Grado se va a proceder a la explicación de manera detallada del funcionamiento del Sistema propuesto.

Una vez que se completa el procedimiento del disparo, la Tarjeta de tiro se iluminará gracias a la tensión del propio vehículo. La energía eléctrica se transmitirá a lo largo de los cables soldados en la Tarjeta de tiro como se muestran en las ilustraciones 12 y 13 hasta el circuito mostrado en la Ilustración 19. Una vez que la electricidad se incorpore al circuito, se hará pasar dicha tensión por el fusible que puede ser desde 2.4 A, que es la intensidad requerida para producir el disparo, hasta 10 A que es la resistencia máxima del relé, para que si supera una cierta intensidad no dañe a todo el circuito y al Emisor Láser. Una vez que la intensidad supera el fusil, se introduce dentro del relé induciendo a la bobina, permitiendo a su vez que el circuito se cierre y se libere por tanto un impulso eléctrico que sale por los conectores dorados propagándose a lo largo del cableado hasta alcanzar al Emisor Láser localizado en la boca del cañón. Cuando alcanza al Emisor Láser, activa el procedimiento interno del mismo y se emite el láser propio del Simulador de Duelo para Combatiente Individual que es emitido hacia el blanco, otro VRCC Centauro con el Sistema instalado. Este vehículo recibe el láser codificado y tras la decodificación del mismo gracias a los Módulos Detectores, se envía una señal a la Unidad de Control correspondiente a la zona de impacto y, tras emitir el ruido característico, indicará que el vehículo ha sido alcanzado por un proyectil. Así mismo, la tripulación del blanco derribado deberá de informar vía radio y señalar que ha sido interceptada por medio del rotativo propio del VRCC Centauro para que el jefe del ejercicio pueda observar su localización y, por tanto, proceder con la Pistola de Árbitro en modo “Resucitar” para incorporarlo de nuevo en el ejercicio.

En las Ilustraciones 19 y 20 se muestra el circuito eléctrico completo encargado de convertir la tensión creada por el propio VRCC Centauro, tras finalizar el procedimiento de disparo, en una señal eléctrica, gracias al relé, que será la encargada de activar el Emisor Láser.

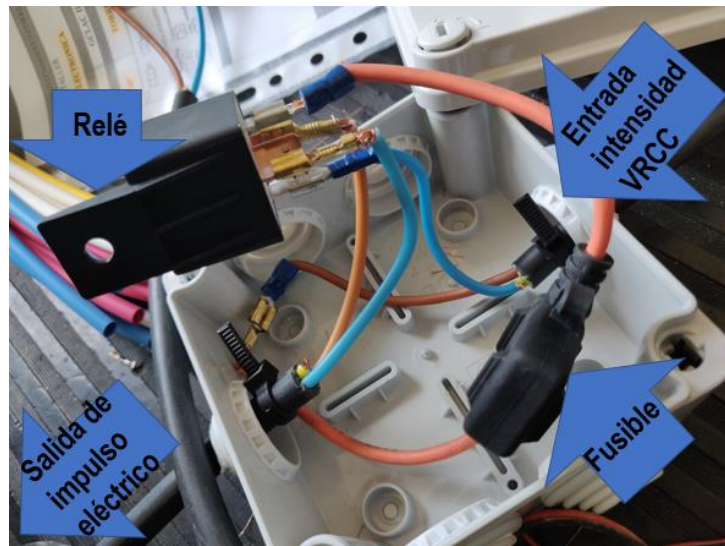


Ilustración 19. Circuito de transformación de la energía eléctrica. Fuente: elaboración propia.

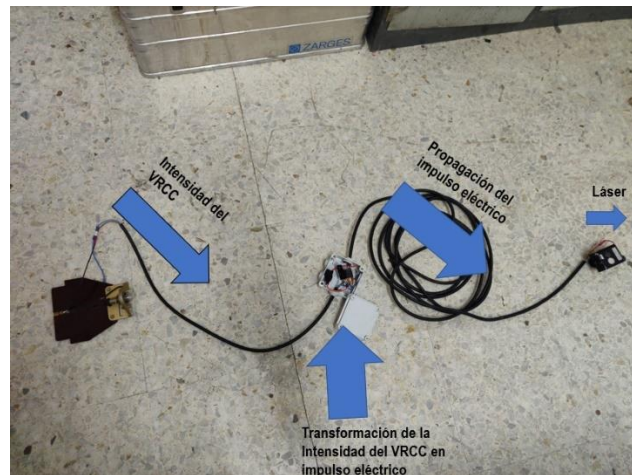


Ilustración 20. Circuito eléctrico completo. Fuente: elaboración propia.

5. Análisis de Viabilidad

En este apartado se va a recopilar información crucial para determinar si el proyecto que se quiere llevar a cabo es viable o no. Para ello se realiza un análisis económico, análisis técnico, donde apreciará las partes necesarias para poder desarrollar el proyecto, y social, permitiendo conocer la postura del conjunto de personas que en función de su poder y del interés que muestren hacia el proyecto.

5.1. Análisis económico

Para poder llevar a cabo este análisis económico, debido a que no se ha podido encontrar información accesible, se procedió a tener entrevistas con distintos expertos para averiguar el coste asociado al Simulador de Duelo para Combatiente Individual. En primer lugar, gracias al personal de la empresa Tecnobit se ha podido conocer que cada equipo del Simulador de Duelo para Combatiente Individual (IWS-PAN) tiene un coste aproximado de 6.000 euros y, puesto que se necesitan tres equipos por Centauro, el coste por vehículo sería de un total de unos 18.000 euros. Recordemos que un equipo completo se compone de cuatro Módulos Detectores, una Pistola de Árbitro y una Unidad de Control. A su vez, el mantenimiento del IWS-PAN es de unos 1.000 euros. Sin embargo, tras la entrevista tenida con varios expertos del Centro de Adiestramiento (CENAD), aseguran poseer 310 equipos completos actualmente tras repartirlos por las distintas Unidades para que estas no tuvieran dependencia alguna para el empleo del IWS-PAN. Por lo que en función de los equipos que posean cada Unidad y de los que necesiten para realizar los ejercicios, el coste variará.

A parte de dichos costes hay que añadir el coste del bloque magnético. Este tiene un precio de 2.13 euros/unidad. Como son necesario 21 bloques magnéticos por vehículo, tendrá un coste total de 44.73 euros. El precio de dichos imanes se encuentra disponible online (https://www.first4magnets.com/rectangular-c35/25-x-10-x-4mm-thick-n42-neodymium-magnet-5-4kg-pull-p2575#ps_1-843). Finalmente, el relé, disponible online (<https://www.ebay.es/itm/322466821946>), tiene un coste de 5.25 euros/unidad. Como solo se necesita un relé por vehículo, se suma un total de 49.98 euros al análisis anterior.

Por lo que teniendo en cuenta estos costes y que los propios usuarios del producto constituyen la mano de obra, se concluye que el Proyecto es viable económicamente.

5.2. Análisis técnico

Con el Análisis técnico se intenta determinar si en función de las cualidades y cantidades del material requerido es más beneficioso comprar a una empresa externa los materiales o crearlo dentro de la propia empresa. Como cualidades, se entiende la capacidad o los conocimientos que tiene el personal para poder llevar a cabo la instalación de este Sistema de Duelo Láser en el Centauro. Debido a que este tipo de Sistema es conocido ya por los componentes de las Unidades por su empleo durante la instrucción individual, como en el Combate en Población, la implementación del Sistema sobre el VRCC Centauro se podría llevar a cabo por medio del personal disponible. Sin embargo, en cuanto al Emisor Láser sería necesario hacer un láser codificado con mayor potencia para que los Módulos Detectores del Simulador de Duelo para el

Combatiente Individual puedan detectar el láser en un ámbito más amplio o por medio de la placa Arduino modificar las características del mismo IWS-PAN. Esto necesitaría una empresa externa especializada en materia de la misma índole.

5.3. Análisis social

En este apartado se utilizará un análisis de Stakeholders reflejado en la ilustración 21 que consiste en el estudio de las personas o grupos que poseen una gran importancia por su poder o influencia, así como aquellos que muestren interés por este estudio y propuesta de Sistema Duelo Láser, a los que sería necesario mantener informados. Para poder llevar a cabo este análisis se ha procedido a la realización de una encuesta a las partes interesadas donde mostraban su postura frente al desarrollo de este Sistema propuesto.

<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">+</div> <div style="margin-bottom: 10px;">↑</div> <div style="margin-bottom: 10px;">Interés</div> <div style="margin-bottom: 10px;">-</div> </div>			Unidades de Caballería	
			DGAM	
				MADOC
	Ejércitos Internacionales	Empresas Externas		
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div>-</div> <div style="flex-grow: 1; border-top: 1px solid black; position: relative;"> <div style="position: absolute; right: 0; top: -5px;">→</div> </div> <div>+</div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 5px;">Poder</div>				

Ilustración 21. Análisis Stakeholders. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se detalla el interés y el poder de cada una de las partes implicadas en el desarrollo del proyecto propuesto en este Trabajo de Fin de Grado. En primer lugar, las **Unidades de Caballería** son las que mayor interés muestran en el desarrollo de este Proyecto debido a que de esta manera se permitiría trabajar con un acercamiento de la realidad en diversos aspectos como podría ser el planeamiento más detallado para poder llevar a cabo una misión. Con esto se quiere decir que actualmente cuando se hace un ejercicio de doble acción para poder simular que se ha realizado fuego hacia un vehículo, se deben de pasar las coordenadas de la posición del objetivo abatido vía radio por lo que durante el proceso de verificación el vehículo puede haberse movido e inducir a fracaso en esta etapa. Además, el proceso de disparo es necesario asimilarlo para estar en condiciones de realizarlo de manera automática sin pensar bajo presión durante la Zona de Operación.

La **Dirección General de Armamento y Material (DGAM)** que es el “Órgano directivo al que corresponde la planificación y desarrollo de la política” (MINISDEF, Ministerio de Defensa,

2019) posee una gran influencia respecto este proyecto y además muestra interés por tener un nuevo armamento.

El **Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC)** es el Órgano con mayor influencia debido a que se centra en la Instrucción y Adiestramiento. Con este Sistema de Duelo Láser permite la enseñanza de diversos aspectos en el ámbito de Caballería como en el planeamiento y el empleo de manera adecuada del VRCC Centauro. Permite a los profesores impartir clases y conocimientos de una manera práctica.

Las **Empresas Externas** que tienen cierto interés en que el proyecto se lleve a cabo ya que de esta manera obtendrían beneficios económicos para el desarrollo de estas y se darían a conocer para que en un futuro se cuente de nuevo con estas y de esa manera seguir consiguiendo beneficios. También poseen cierta influencia ya que su participación es necesaria para implantar el Sistema.

Los **Ejércitos Internacionales** que gozan del Centauro podrán disfrutar de este Sistema para la enseñanza. Sin embargo, su influencia en este proyecto es pequeña debido a que si no quieren hacer uso de este no impiden su desarrollo.

Seguido a este análisis, se va a explicar las diferencias entre el los DSS existentes y el propuesto ya que durante la encuesta algunas personas pertenecientes a las partes interesadas se han mostrado favorables a la implementación del DSS Leopardo 2E sobre el VRCC Centauro.

6. Diferencias entre el DSS del CC Leopardo 2E y del VCI/VCC Pizarro con el Sistema propuesto

A continuación, se procede a explicar el motivo de no emplear el Sistema de Duelo Láser del VCI/VCC Pizarro ni del CC Leopardo 2. Tras las entrevistas tenidas con distintos expertos, tanto empleados de la empresa Tecnobit como con militares pertenecientes al CENAD y del Regimiento de Caballería del España XI, acerca del empleo de los mismos DSS, se llegó a la conclusión de que el uso de estos tipos de DSS no sería viable para poder lograr los objetivos requeridos por la Unidad, Regimiento de España XI, donde se realizaron las Prácticas Externas. Esta conclusión también ha sido apoyada por la mayoría del personal que ha realizado una encuesta que ha sido realizada a través de la herramienta Google.forms (véase Anexo J). La principal desventaja localizada en estos DSS tras su estudio, análisis y como bien se menciona, entrevistas con expertos, es que requieren una gran cantidad de material tecnológico. Esto implica grandes problemas, si algún componente no funciona o no se ha conectado de manera correcta, hay que ir buscando componente a componente hasta localizar el fallo y poder arreglarlo. No se posee un mecanismo o un medio que indique donde está el error y cómo poder solucionar dicho fallo, por lo que a parte de los 90 -120 minutos reales necesarios para que la tripulación instale el equipo en su vehículo o carro de combate, hay que añadir más tiempo en caso de manifestarse estos errores, lo cual suele ser bastante frecuente según comentan los expertos. Con este Sistema que se propone, como se refleja en el apartado de objetivos, se ahorraría mucho tiempo en la instalación sobre el VRCC Centauro. A continuación, en la Ilustración 22 se aprecia una comparativa entre el Sistema propuesto con los DSS del CC Leopardo 2E y del VCI/VCC Pizarro, ya que presentan características muy similares, con ayuda de un gráfico Radar Chart, el cual nos permite descubrir tanto los puntos fuertes de cada Sistema como los puntos débiles que presentan para poder realizar mejoras en los mismos.

En la elaboración de Radar Chart se ha considerado del 0 al 20 donde 0 representa la peor situación posible y 20 la mejor situación. Dichos valores se han establecido de manera subjetiva teniendo en cuenta la opinión de diferentes expertos.

Comparativa entre los DSS existentes y el DSS propuesto

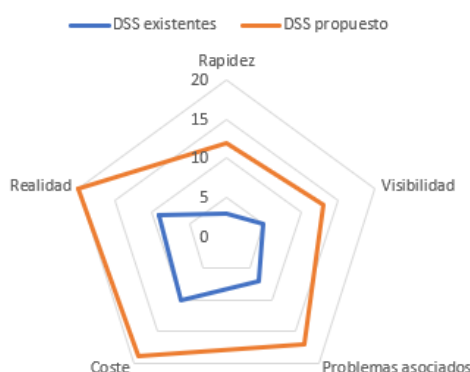


Ilustración 22. Comparativa entre el DSS CC Leopardo 2E y del VCI/VCC Pizarro con el Sistema propuesto. Fuente: elaboración propia.

En la Ilustración 22 se hace referencia a la instalación rápida del Sistema por medio del término **Rapidez** que como se puede apreciar es superior en el caso del Sistema propuesto que en los DSS existentes. En relación con la **Visibilidad**, que representa el gran tamaño de los componentes de los Sistemas, se muestra que, en el Sistema propuesto, los materiales son más idóneos para el transporte durante las maniobras ya que ocupan poco espacio y no es necesario destinar todo un vehículo para llevar dichos componentes al lugar de acampada durante las maniobras. En cuanto a los **Problemas asociados**, se indica que en los DSS para el VCI/VCC Pizarro y para el CC Leopard 2E los problemas tecnológicos son mayores que en el Sistema propuesto y la localización de estos se hace dificultosa, como bien se menciona anteriormente. En cuanto al **Coste**, el equipo empleado en el Sistema propuesto es de aproximadamente 11.000 Euros, teniendo en cuenta el análisis económico realizado en el apartado 5.2, mientras que en los DSS existentes es de 29.000 Euros, dato obtenido durante las entrevistas tenidas con personal de la empresa TecnoBit. Por último, con la **Realidad** se referencia que el procedimiento para activar al Emisor Láser LTU del DSS CC Leopard 2E y VCI/VCC Pizarro no se asemeja al procedimiento necesario para realizar un disparo en la realidad ya que se usa por medio de Unidades de Control, mientras que el mando y el botón propios del carro de combate/vehículo no se emplean. Sin embargo, en el Sistema propuesto, el procedimiento de tiro es el mismo que se debería de ajustar en Zona de Operación. Esta última comparación representa el rasgo más importante, ya que no se pretende asimilar un nuevo procedimiento o mecanismo de funcionamiento para poder realizar tiro, sino que con este DSS se pretende mejorar la instrucción del Tirador en cuanto a su función propia y pasos a seguir en caso de ser necesario.

7. Conclusiones y líneas futuras

Actualmente existe un enorme problema que no permite a las Unidades poder instruirse de manera adecuada: el presupuesto. Sin embargo, con este proyecto se permite reducir el gran gasto que supone asistir al campo de tiro consumiendo munición real, ya que el mencionado SIB permite la instrucción de la tripulación por medio del láser. Las plataformas del VCI/VCC Pizarro y del CC Leopardo 2E poseen DSS, a diferencia del VRCC Centauro, y por tanto sus usuarios se muestran favorables a que la instrucción es más completa gracias a los Sistemas de Duelo Láser. Además, la motivación juega un papel muy importante en la vida de un militar ya que existen muchos ejercicios en los cuales debidos a la falta de personal o medios no se pueden llevar a la materialización y por tanto se tiene que imaginar la situación. Con este Sistema que se propone, el Tirador puede ejercer su función de manera correcta y sentirse parte del ejercicio.

El motivo de emplear este Sistema propuesto y no realizar una modificación de los componentes de los DSS de las plataformas nombradas anteriormente para implementarlos sobre el VRCC Centauro, es principalmente el tiempo. Como bien se muestra en el apartado anterior, los Sistemas de Duelo Láser existentes, requieren de una gran cantidad de tiempo en la instalación que no se dispone cuando la Unidad se marcha de maniobras.

Por todo ello se ha pretendido diseñar un Sistema de Duelo Láser que trate de suplir la necesidad actual de las Unidades que poseen el VRCC Centauro para instruirse correctamente y sin malgastar tiempo de las maniobras.

Como líneas futuras:

- Diseñar un Emisor Láser con un láser más potente y compatible con estos receptores. De esta manera, el número de los receptores podría disminuir y por consiguiente su duración en la instalación sobre el VRCC Centauro. Del mismo modo, el espectro de recepción por parte de los receptores aumentaría consiguiendo alcanzar todos los puntos del vehículo.
- Ampliar duración de las baterías de los receptores. Las baterías de los receptores tienen una duración de 96 horas, dato obtenido en la entrevista con expertos de TecnoBit, por lo que es necesario ampliarla para realizar un ejercicio de larga proyección en el tiempo sin tener que preocuparse de la batería de los Módulos Detectores.
- Implementar el Sistema en otros tipos de vehículos. Con esto se permite instruirse con el empleo de vehículos diversos como por ejemplo con el Vehículo de Exploración de Caballería.
- Obtener información de la zona que ha sido dañada, realizar un seguimiento del ejercicio en tiempo real, conocer las coordenadas de donde se ha realizado el disparo que ha dado sobre el objetivo y munición que ha sido empleada.
- Mejorar el cableado que permite el funcionamiento del DSS. Para ello se podría realizar un Emisor Láser con un láser IR que funcione por medio de la intensidad enviada por el

propio circuito del VRCC Centauro. También hacer que el cableado sea estanco durante todo el recorrido para evitar que se estropee en condiciones climáticas adversas.

- Un aviso luminoso que se active automáticamente al recibir impacto cualquier receptor. Esto se podría conseguir por medio de una placa Arduino que programe que, tras el envío de señal por parte de la Unidad de Control, el rotativo propio del VRCC Centauro se encienda de manera automática.

8. Bibliografía

- [Documento Uso Interno]. Munición subcalibre 12.70, MSJ 570/10-13 16691002549 (SIGENMALE 09 de FEBRERO de 2016).
- Arduino. (2019). Obtenido de <https://arduino.cl/>
- MADOC. (2006). *[Documento Uso Interno]. Manual de Operación. Simulador de Duelo VCI Pizarro*. Granada.
- MADOC. (2013). *[Documento Uso Interno]. Manual de Instrucción. Instructor Avanzado de Tiro de VCRR Centauro*. Granada.
- MADOC. (2015). *[Documento Uso Interno]. Tripulación del VRCC Centauro*. Granada.
- MADOC. (2017). *[Documento Uso Interno]. Combate de la Caballería*. Granada.
- Mateos, F. P. (2010). Medios Acorazados españoles, presente y futuro. *Perfiles IDS*, 51.
- MINISDEF. (2019). *Ministerio de Defensa*. Obtenido de <http://www.defensa.gob.es/ministerio/organigrama/sedef/dgam/>
- MINISDEF. (2019). *Ministerio de Defensa*. Obtenido de <https://www.defensa.gob.es/>
- TECNOBIT. (2010). *[Documento Uso Interno]. Simulador de Duelo para el carro de combate Leopardo 2E (DSSL2E)*.
- TECNOBIT. (2015). *[Documento Uso Interno]. Simulador de Duelo para Combatiente Individual*.

Anexo A. VRCC Centauro

■ TRIPULACIÓN:	4
■ PESO (ton):	25
■ LONGITUD (m):	7,40 / 8,267 (bancaza / con cañón)
■ ANCHURA (m):	3,05
■ ALTURA (m):	2,35 / 2,71 (techo torre / total)
■ ALTURA MÍNIMA AL SUELO:	417 mm
■ ARMAMENTO PRINCIPAL:	Cañón de 105/52 mm
■ ARMAMENTO SECUNDARIO:	Tres ametralladoras MG de 7,62 mm (una coaxial y dos sobre el techo (los 22 de la Fase I, con una sola en el techo)
■ LANZA-ARTIFICIOS:	2x4 Wegmann de 76 mm
■ MUNICIÓN TRANSPORTADA:	40 disparos de cañón y 2065 de ametralladora
■ ANGULO DE TIRO DEL CAÑÓN:	De -6° a +15°
■ DIRECCIÓN DE TIRO:	Automática con calculadora, telémetro láser y diversos sensores (inclinación del eje de muñones, dirección y velocidad del blanco, meteorológico...) Sistema de estabilización con limitaciones
■ SISTEMA DE ACCIONAMIENTO DE LA TORRE:	Electro-hidráulico y manual de emergencia
■ EQUIPOS DE VISIÓN (JEFE DE CARRO):	Visor panorámico independiente con intensificador de luz incorporado y monitor de la cámara térmica del tirador
■ EQUIPOS DE VISIÓN (TIRADOR):	Visor principal de tiro con telémetro láser y cámara térmica Telescopio como elemento secundario de puntería
■ EQUIPOS DE VISIÓN (CONDUCTOR):	Tres periscopios diurnos y unas gafas IL para conducción nocturna
■ MOTOR:	Iveco VTCA, V6, turbodiesel de 520 cv a 2300 rpm
■ TRANSMISIÓN:	Automática ZF 5 HP 1500 con 5 AV/ y 1 R
■ POTENCIA ESPECÍFICA (cv/ton):	20,8
■ FRENSOS:	Discos autoventilados
■ TRACCIÓN:	8x8
■ SUSPENSIÓN:	Elementos hidroneumáticos independientes a las 8 ruedas
■ DIRECCIÓN:	1° y 2° ejes directrices; 3° eje fijo; 4° eje, contravira a voluntad (velocidades inferiores a unos 20 Km/h)
■ DISTANCIAS ENTRE EJES:	1600 + 1450 + 1450 mm
■ RADIO DE GIRO ENTRE BORDILLOS:	9 m
■ SISTEMA ELÉCTRICO (v):	24 v
■ BATERÍAS:	6x12 v
■ VELOCIDAD MÁXIMA (km/h):	105
■ AUTONOMÍA (km):	800 Km ó 10 horas
■ PENDIENTE (%):	60
■ PERALTE (%):	30
■ OBSTÁCULO VERTICAL (m):	0,45
■ CRUCE DE ZANIAS (m):	1,50
■ VADEO (m):	1,20
■ DESARROLLO:	En servicio en Italia y España También fue evaluado en EEUU, Brasil y Portugal Recientemente, Omán ha encargado algunos ejemplares con cañón de 120 mm.
■ VERSIONES:	Aparte de las versiones con cañones de 60 y 120 mm, a partir de su chasis fue desarrollado el vehículo de combate VBM Freccia entrado en servicio recientemente con el Ejército Italiano y candidato al programa español 8x8 Además, en diferentes fases de diseño hay variantes ATP, VPC, VREC (solicitado por el Ejército español), cazacamos con lanzamisiles Spike, porta-mortero de 120 mm, reconocimiento NBQR, ambulancia, lanzapuentes, defensa antiaérea, etc.
■ OBSERVACIONES:	Dispone de numerosos equipos como inflado automático de los neumáticos (CTIS), torno de auto-recuperación, sistema antiexplosiones y contra-incendios, recubrimiento interior de la cámara de combate (spall liners), refrigeración de los gases de escape, etc El compartimento posterior puede utilizarse para transportar munición de cañón, alojar hasta cuatro tripulantes, o bien, dos personas y equipos de radio adicionales (vehículos de puesto de mando).

Ilustración 23. Características del VRCC Centauro. Fuente: Mateos, F. P. (2010). Medios Acorazados españoles, presente y futuro. Perfiles IDS, 51.

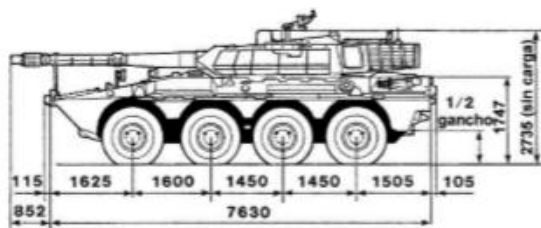


Ilustración 24. Medidas del VRCC Centauro. Fuente: Tripulación del VRCC Centauro.

Anexo B. Características del CC Leopard 2E

■ TRIPULACIÓN:	4
■ PESO (ton):	62,5 / 55,2
■ LONGITUD (m):	10,97 / 9,67
■ ANCHURA (m):	3,75
■ ALTURA (m):	3
■ ARMAMENTO PRINCIPAL:	Cañón Rheinmetall de 120 (44 / 55) mm y ánima lisa
■ ARMAMENTO SECUNDARIO:	Dos ametralladoras MG 3 de 7,62 mm, una coaxial y otra en el techo de la torre, manejada por el cargador
■ LANZA-ARTIFICIOS:	2x8 Wegmann de 76 mm
■ MUNICIÓN TRANSPORTADA:	42 disparos de cañón y 4750 de ametralladora
■ ANGULO DE TIRO DEL CAÑÓN:	De -9° a +20°
■ DIRECCIÓN DE TIRO:	Automática con calculadora, telémetro láser, sistema de estabilización y diversos sensores (inclinación del eje de muñones, dirección y velocidad del blanco, meteorológico...)
■ SISTEMA DE ACCIONAMIENTO DE LA TORRE:	Eléctrico / Electro-hidráulico y manual de emergencia
■ EQUIPOS DE VISIÓN:	Visores independientes y estabilizados en los dos ejes para el tirador y el jefe de carro, con sendas cámaras térmicas de segunda generación El jefe con capacidad "hunter killer"
■ EQUIPOS DE VISIÓN (CONDUCTOR):	Tres periscopios diurnos y un IL PCN-160 En proceso de adquisición una cámara térmica de la firma Indra para conducción nocturna y todo-tiempo
■ MOTOR:	MTU 12V 873 Ka 501, diesel de 12 cilindros y 1500 cv
■ TRANSMISIÓN:	Automática Renk HSWL-354, hidromecánica con 4AV y 2R
■ POTENCIA ESPECÍFICA (cv/ton):	24
■ TREN DE RODAJE:	7 ruedas de rodaje, 4 rodillos de apoyo, rueda motriz posterior y tensora delantera, en cada lateral
■ SUSPENSIÓN:	Barras de torsión, amortiguadores rotatorios y muelles tope hidráulicos
■ PRESIÓN ESPECÍFICA (kg/cm2):	0,96 / 0,83
■ SISTEMA ELÉCTRICO (v):	24
■ BATERÍAS:	6 x 12 v
■ VELOCIDAD MÁXIMA (km/h):	70 / 72
■ AUTONOMÍA (km):	340 / 550 (todo terreno / carretera)
■ PENDIENTE (%):	60
■ PERALTE (%):	30
■ OBSTÁCULO VERTICAL (m):	1,1
■ CRUCE DE ZANJAS (m):	3
■ VADEO (m):	1,20 / 2,35 / 4 (sin preparación / con preparación / con snorkel)
■ DESARROLLO:	En sus diferentes versiones, el Leopard 2 presta servicios en Alemania, Austria, Brasil, Chile, Dinamarca, España, Finlandia, Grecia, Holanda, Noruega, Polonia, Singapur, Suecia, Suiza y Turquía.
■ VERSIONES:	Carro de zapadores Kodiak, Vehículo Lanzapuentes Leguan, carro escuela y vehículo de recuperación Büffel ..
■ OBSERVACIONES:	Se han estudiado modelos dotados con cañón de 140 mm, capacidad para lanzar misiles LAHAT, con equipo de defensa activa MUSS, especial para operaciones de paz (PSO), etc El Leopard 2 integra sistemas de defensa NBQR, anti-exposiciones y contra-incendios, calefacción, navegador, gestión del campo de batalla Lince, unidad de potencia auxiliar (UPA), transmisiones de salto de frecuencia tipo PR4G, vadeo profundo, cámara de TV trasera para el conductor, etc.
■ PRINCIPALES EMPRESAS PARTICIPANTES	General Dynamics – Santa Bárbara Sistemas (contratista principal), Krauss Maffei Wegmann, Rheinmetall Defence, Indra, SABA, Electroop SA, Navantia, Renk, Amper, y TecnoBit.

Ilustración 25. Características del CC Leopard 2E. Fuente: Mateos, F. P. (2010). Medios Acorazados españoles, presente y futuro. Perfiles IDS, 51.

Anexo C. Características del VCI/ VCC Pizarro

■ TRIPULACIÓN:	3+7
■ PESO (ton):	28,3
■ LONGITUD (m):	6,92
■ ANCHURA (m):	3
■ ALTURA (m):	2,67
■ ALTURA LIBRE AL SUELO (m):	0,40
■ ARMAMENTO PRINCIPAL:	Cañón Mauter Mk 30 de 30 mm
■ ÁNGULO DE TIRO:	De -10° a +50°
■ ARMAMENTO SECUNDARIO:	Ametralladora coaxial MG de 7,62 mm Los vehículos de la 2ª Fase montarán otra ametralladora sobre el techo de la torre
■ MUNICIÓN TRANSPORTADA:	198+204 de 30 mm y 700+2200 de 7,62 mm (uso inmediato / almacenada)
■ LANZA-ARTIFICIOS:	2x6 lanza-artificios Wegmann de 76 mm
■ DIRECCIÓN DE TIRO:	Mk 10 con calculadora, telémetro láser, sensor de inclinación, cámara térmica y sistema de estabilización
■ VISIÓN NOCTURNA:	CT para el Jefe de Vehículo y el Tirador, visor IL PCN-160 para el Conductor
■ MOTOR:	Navantia-MTU 8V 183 TE22, turbodiesel de 600 cv
■ TRANSMISIÓN:	Automática Renk HSWL-106, con 6AV y 4R
■ POTENCIA ESPECÍFICA (cv/ton):	21,2
■ TREN DE RODAJE:	7 ruedas de rodaje, 4 rodillos de apoyo, rueda motriz delantera y tensora posterior, en cada lateral
■ SUSPENSIÓN:	Barra de torsión, amortiguadores rotativos (ruedas 1ª, 2ª y 6ª), muelles tope hidráulicos (ruedas 1ª, 2ª y 7ª) y topes de goma (5 ruedas centrales)
■ PRESIÓN ESPECÍFICA (kg/cm2):	0,7
■ SISTEMA ELÉCTRICO (v):	24 v
■ BATERÍAS:	6x12 v
■ VELOCIDAD MÁXIMA (km/h):	70
■ AUTONOMÍA (km):	500
■ PENDIENTE (%):	60
■ PERALTE (%):	30
■ OBSTÁCULO VERTICAL (m):	0,80
■ CRUCE DE ZANÍAS (m):	2
■ VADEO (m):	1,3/1,5 (sin/con preparación)
■ DESARROLLO:	En servicio solamente con el Ejército español
■ VERSIONES:	Aparte del vehículo de combate básico sólo presta servicio el VCPC. La 2ª Fase, actualmente en desarrollo, incluirá versiones de VCVC, VCREC, VCOAV y VCZ, con algunas modificaciones importantes como un nuevo grupo motriz.
■ OBSERVACIONES:	Incluye sistemas de defensa NBQR, anti-exposiciones y contra-incendios, calefacción, aire acondicionado, comunicaciones protegidas, etc. Es la versión española del ASCOD (Austrian Spanish Co-Operative Development) desarrollado conjuntamente por la Empresa Nacional Santa Bárbara española y la Steyr-Daimler-Puch AG austriaca, ambas integradas actualmente en la General Dynamics European Land Systems. La versión austriaca se denomina Ulan. Actualmente, se ofrece la variante ASCOD 2 que ha sido considerada la mejor propuesta dentro del programa británico FRES SV.
■ PRINCIPALES EMPRESAS PARTICIPANTES:	General Dynamics – Santa Bárbara Sistemas (contratista principal), Diehl, Indra, SAFA, Spectronic, Navantia, Renk, Amper, y Tecnobit.

Ilustración 26. Características del VCI/VCC Pizarro. Fuente: Mateos, F. P. (2010). Medios Acorazados españoles, presente y futuro. Perfiles IDS, 51.

Anexo D. Componentes del EQE DSS Pizarro

El EQE está compuesto de:

- Dos LDU, Unidad Detectora Láser
- LTU, Unidad Transmisora Láser
- CU, Unidad de Control
- PCU, Unidad de Control y Potencia
- Altavoz
- Dos TBU, Módulo de Visualizador de Trayectoria
- KSI, Indicador de Estado del Vehículo
- Antenas RF y GPS
- Transformador "Bluetooth" CANview
- Lona de protección del cableado exterior
- Placa de protección de los conectores de la PCU
- Juntas de estanqueidad de la base de la antena de la Montura del KSI
- DBOX, Caja de Distribución
- Maletas de Transporte
- Cableado
- Afustes
- Tornillería y kit de herramientas

Ilustración 27. Componentes del Equipo Embarcadero VCI Pizarro. Fuente: Manual de Operación. Simulador de Duelo VCI Pizarro.

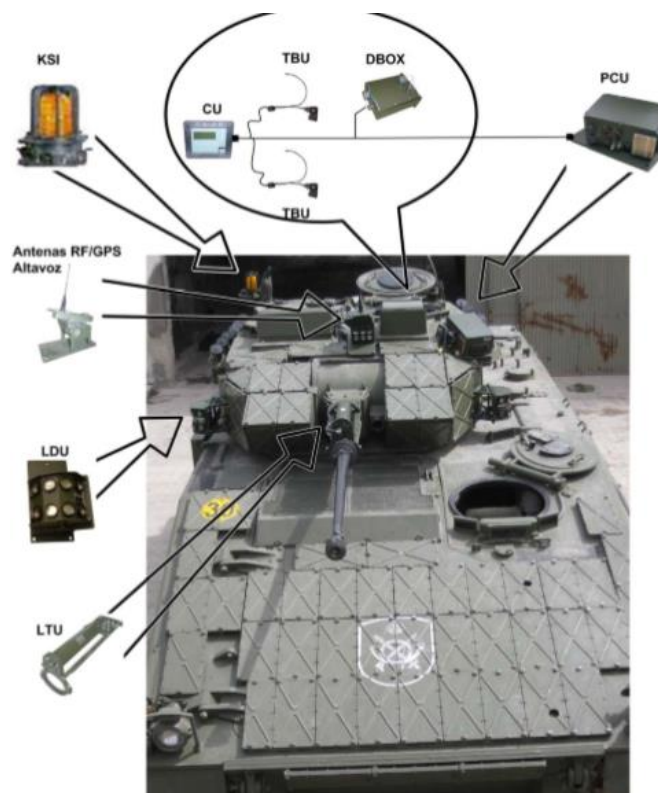


Ilustración 28. Disposición de los componentes del EQE. Fuente: Manual de Operación. Simulador de Duelo VCI Pizarro.

Anexo E. Componentes EQE DSS Leopard 2E

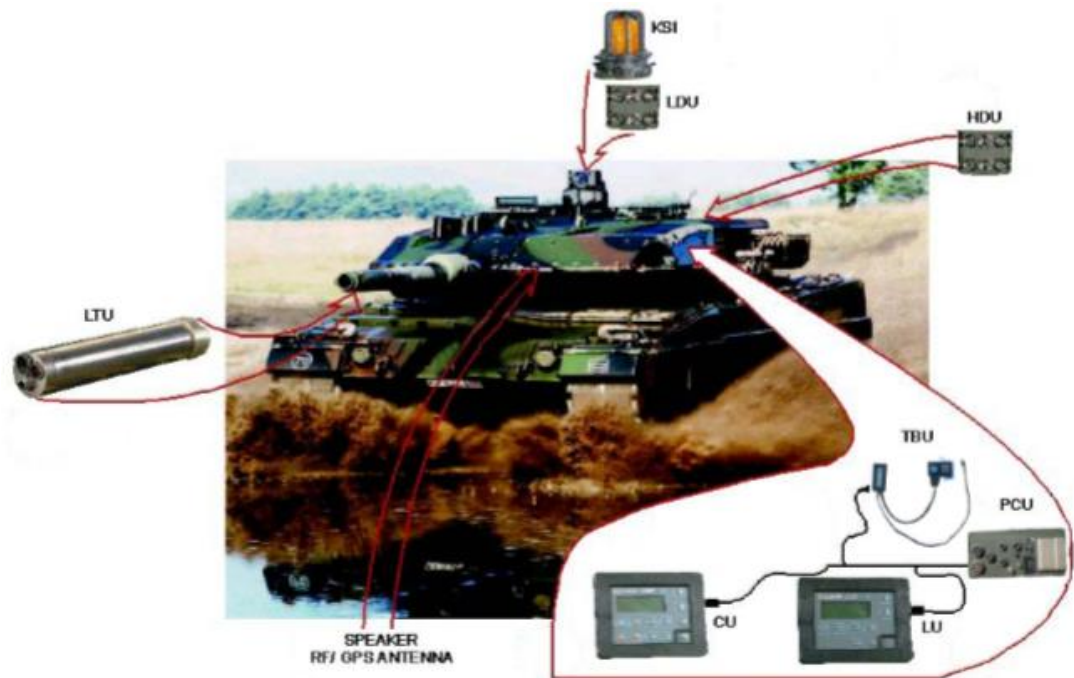


Ilustración 29. Elementos EQE Leopard 2E. Fuente: Simulador de Duelo para el carro de combate Leopard 2E.

Anexo F. Componentes del Simulador de Duelo para Combatiente Individual



Ilustración 22. Pistola de Árbitro. Fuente: Manual del Simulador de Duelo para Combatiente Individual.



Ilustración 231. Módulo Detector. Fuente: Manual del Simulador de Duelo para Combatiente Individual.

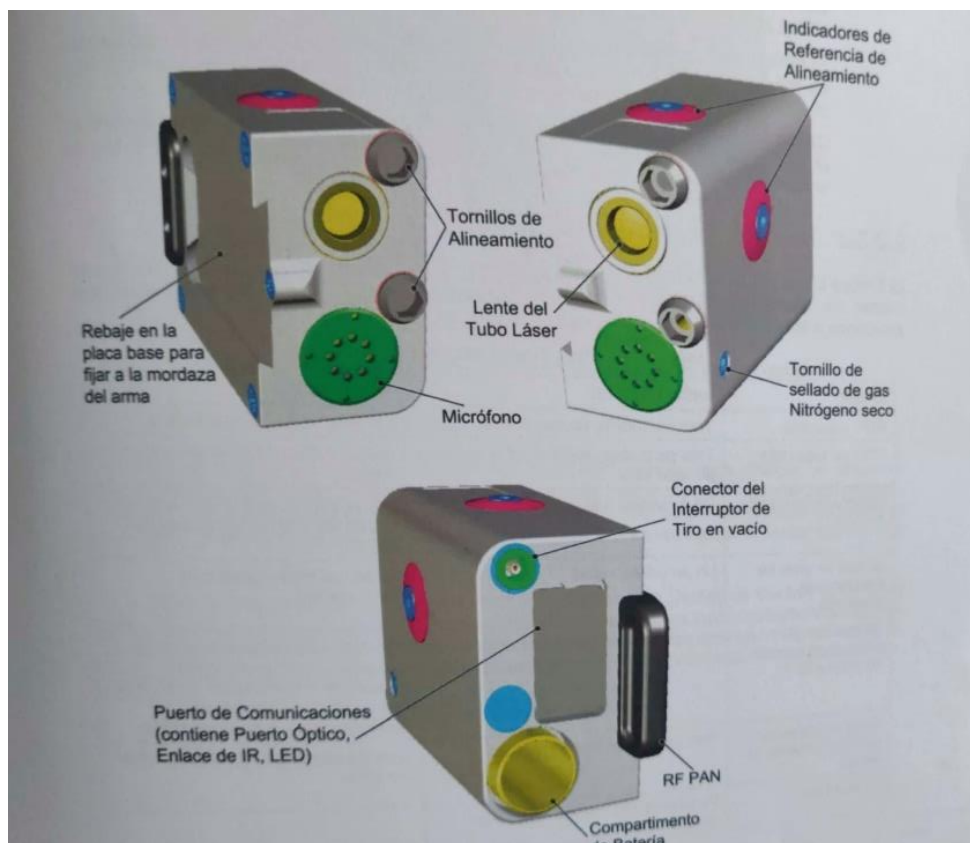


Ilustración 24. Emisor Láser. Fuente: Manual del Simulador de Duelo para Combatiente Individual



Ilustración 25. Unidad de Control. Fuente: Manual del Simulador de Duelo para Combatiente Individual.

Anexo G. Subcalibre AIMTEST



Ilustración 264. Subcalibre en el VRCC Centauro. Fuente: Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro



Ilustración 275. Componentes del subcalibre. Fuente: Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro.

Anexo H. Referencias en la pancarta de homogenización

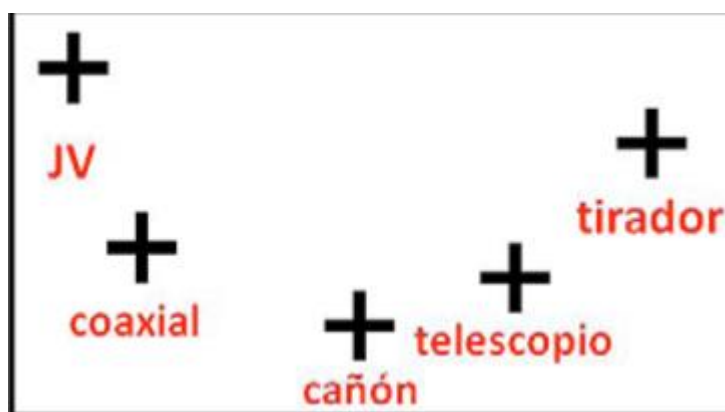


Ilustración 286. Referencias de la pancarta de homogeneización. Fuente: Instructor Avanzado de Tiro de VRCC Centauro.

Entendido como **JV** la óptica del Jefe del Vehículo; **coaxial** como la ametralladora MG de 7.62mm; **cañón** como el propio del VRCC Centauro; **telescopio** como el medio de visión del Tirador y **Tirador** como la cámara térmica que posee.

Teniendo en cuenta que el VRCC Centauro está formado por diversos componentes y que cada uno apunta de manera independiente del resto, se debe de utilizar una pancarta para realizar tiro. Dicha pancarta se encuentra situada a 100 metros y permite que, tras ajustar cada componente con su respectiva referencia señalizada en la Ilustración 36, todos los elementos concluyan en un punto, un objetivo. Es decir, la pancarta de homogeneización permite que el cañón y la ametralladora estén alineados con la óptica del Jefe de Vehículo y del Tirador.

Anexo I. Características de los imanes

Código de producto	F25104
Forma	Rectángulo
Cara magnética	25 x 10
Grosor	4mm
Calificar; nota	N42
Enchapado	Ni-Cu-Ni (níquel)
Material	NdFeB
Rendimiento (Gauss)	2800
Tracción vertical (Kg)	5.4
Resistencia al deslizamiento (Kg)	1.08
Temperatura máxima (grados C)	80
Fijación	Araldita / Loctita
Dimensiones	25 mm x 10 mm x 4 mm
Tolerancia	+/- 0.1 mm
Los polos norte y sur de cada imán están en caras opuestas de 25 mm x 10 mm	
Excelente resistencia a la desmagnetización	
Recubierto con tres capas de níquel, cobre y níquel para reducir la corrosión y proporcionar un acabado liso	

Ilustración 297. Características de los imanes. Fuente:

https://www.first4magnets.com/rectangular-c35/25-x-10-x-4mm-thick-n42-neodymium-magnet-5-4kg-pull-p2575#ps_1-843.

Anexo J. Encuesta realizada por los distintos expertos

29/10/2019

TFG Simulación

TFG Simulación

Se presenta el CAC Julio Marabotto Estévez del Arma de Caballería.
A continuación se muestra un formulario con el fin de obtener distinta información para realizar el Trabajo de Fin de Grado "Estudio de la disposición de Módulos Detectores para un Sistema de Duelo Láser en el Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería Centauro".
Muchas gracias por su atención.

1. Señale su lugar de trabajo

Marca solo un óvalo.

- ☐ MADOC
☐ Unidad de Caballería
☐ DGAM
☐ Empresas Externas
☐ Otro: _____

2. ¿Piensa que la tripulación aprendería y estaría más motivada incluyendo ejercicios de simulación en las maniobras?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No

3. ¿Considera que es útil el Sistema de Duelo Láser del VCI/VCC Pizarro y del CC Leopardo 2E?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No

4. A efectos de manual, el Sistema de Duelo Láser propio del CC Leopardo 2E requiere de 30 minutos para su montaje. Sin embargo, expertos señalan que se necesita aproximadamente 120 minutos. ¿Cree que se pierde mucho tiempo en su montaje?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No

5. ¿Cree que se podría optimizar la instrucción de los tiradores del VRCC Centauro implementando un Sistema Duelo Láser en este vehículo?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No

6. ¿Ha utilizado alguna vez el Sistema Duelo Láser del VCI/VCC Pizarro?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No

<https://docs.google.com/forms/d/1gFqhNQqkZudgbHVR0yaA0e2JDJAgbO3R5JQ3-20QCVo/edit>

1/2

7. Si su respuesta es afirmativa respecto al empleo del Sistema Duelo Láser VCI/VCC Pizarro, indique que mejoras llevaría a cabo.

8. ¿Ha utilizado alguna vez el Sistema Duelo Láser del CC Leopardo 2E?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
- ☐ No

9. Si su respuesta es afirmativa respecto al empleo del Sistema Duelo Láser CC Leopardo 2E, indique que mejoras llevaría a cabo.

10. ¿Estaría interesado en el desarrollo de un Sistema de Duelo Láser para el VRCC Centauro?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
- ☐ No

11. Si su respuesta anterior es afirmativa, indique que características consideraría idóneas.

Con la tecnología de
 Google Forms

Ilustración 309. Encuesta realizada a distintos expertos. Fuente: elaboración propia.